

ポリマーがいしの新規洗剤の開発

高村 巧、谷口 元*、神田智一*

Development of New Detergents for Polymer Insulator

Takumi Takamura, Hajime Taniguchi*, Tomokazu Kanda*

要 旨

送配電用の絶縁器であるポリマーがいしの洗浄は、通常降雨による自然洗浄のため不要であるが、トンネル内のポリマーがいしは定期的な清掃が必要になる。その清掃には夜間の閑散時間に絶縁をし、高所作業にて迅速に洗浄することが求められる。がいしの汚れについて詳細な分析を行い、鉄道の汚れに特有の鉄系、土石系、その他に配線等銅系の汚れとポリマーがいしに特有のシリコンオイル系の汚れが観察された。汚れを迅速に取り去る洗浄剤を幾つか設計・試作し、強酸系と溶剤系の2種が性能と作業性が良好であることが知られた。

JR 東日本では、絶縁不良によるトンネル火災が起こり、トンネル内のがいしの清掃作業の見直しを進めている。トンネル内のがいしは、定期的な作業員の点検と清掃に頼っているが、作業の軽減のため清掃の効率化が求められている。本開発では、手作業の高所清掃を簡略化するため新たな洗浄剤を開発し、拭き取り清掃の迅速化を目標とした。

現在、屋外使用を目的としたポリマーがいしとしては、シリコンゴムを本体もしくは外被に用いたものが主流となっている¹⁾⁴⁾。送配電用の絶縁器であるポリマーがいしの洗浄は、通常降雨による自然洗浄のため不要である⁵⁾⁶⁾が、トンネル内のポリマーがいしは定期的な清掃が必要になる⁵⁾⁶⁾。その清掃には夜間の閑散時間に絶縁をし、高所作業にて迅速に洗浄することが求められる。

汚れ成分の分析を行う為、汚れ成分を電子顕微鏡 (SEM) で拡大して元素分析 (EDS) を行った。さらにフーリエ変換赤外分光分析 (FT-IR) を用いて有機物等を分析した。図1に今回試験に供したポリマーがいしの外観写真を示す。本来真っ白なシリコンゴム製であるが、表面が黒いのはトンネ

ル内で数年経った汚れである。

図2に示す土壌系の汚れのSEM/EDS分析結果から、がいし表面に付着した汚れの主成分は、炭素・酸素・カルシウム・アルミニウム・鉄・銅であり、トンネル内の施工コンクリートからの湧出物と考えられる酸素・カルシウム・ケイ素・アル

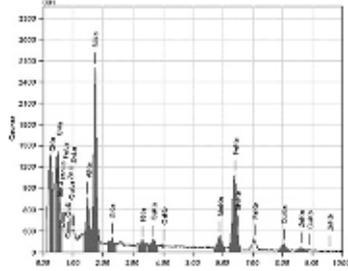
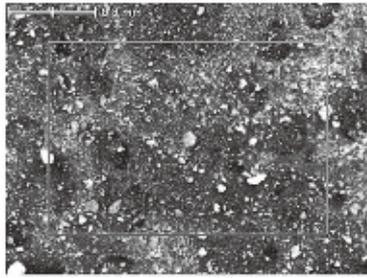


図1 洗浄試験用ポリマーがいしの外観写真

*システムブレイン株式会社

責任著者連絡先 (Takumi Takamura) : takamura@techakodate.or.jp

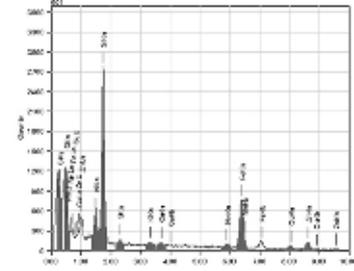
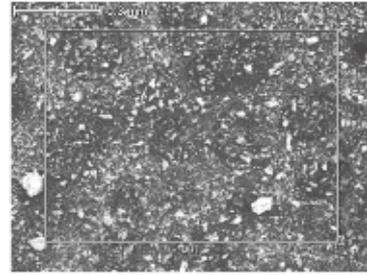
EDS分析結果 (ゴム_1_01)



元素	(keV)	質量%	線強度	原子数%	化合物	質量%	カチオン数	K
C K	0.297	75.30	0.22	29.34			0.0173	2.8127
O K	0.525	3.15	0.10	14.30			0.0165	9.5111
Si K	1.486	3.75	0.14	2.39			0.0344	2.2100
S K	1.739	14.78	0.13	15.17			0.0745	17.8213
S K	2.317	0.02	0.11	0.47			0.0162	0.7801
K K	3.312	0.50	0.17	0.39			0.067	0.7434
Mn K	3.650	3.00	0.10	0.65			1.2875	0.5875
Fe K	6.384	4.31	0.41	2.57			0.8225	2.1418
Fe K	6.380	19.57	0.50	20.42			40.4017	41.2207
Cu K	8.040	0.00	1.28	0.13			1.7855	6.3577
Zn K	8.630	5.24	1.84	2.31			0.8985	10.8952
合計		101.00		100.00				

図2 土壌系の汚れ分析 (SEM/EDS 分析結果)

EDS分析結果 (ゴム_2_01)



元素	(keV)	質量%	線強度	原子数%	化合物	質量%	カチオン数	K
C K	0.277	13.38	0.27	33.77			0.0173	2.8127
O K	0.525	8.17	0.20	14.92			0.0165	9.5111
Si K	1.486	2.55	0.15	1.20			0.0344	2.2100
Si K	1.735	13.33	0.14	0.80			0.0745	17.8213
S K	2.317	0.62	0.10	0.83			0.0162	0.7801
K K	3.312	0.50	0.10	0.40			0.067	0.7434
Mn K	3.592	0.41	0.21	0.20			1.2875	0.5875
Fe K	6.384	1.73	0.50	1.84			0.8225	2.1418
Fe K	6.380	22.31	0.54	16.30			40.4017	41.2207
Cu K	8.040	5.55	1.35	2.50			1.7855	6.3577
Zn K	8.630	14.97	1.97	3.50			0.8985	10.8952
合計		100.00		100.00				

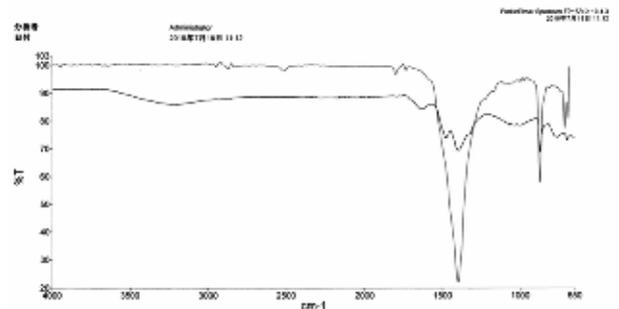
図3 サビ系の汚れ分析 (SEM/EDS 分析結果)

ミニウムと土砂系の土壌に関する元素を検出した。また、図3に示した鉄さび系と思われる汚れの結果では、主にレールや電車構造からの炭素・ケイ素・鉄・銅・亜鉛であることがわかった。マンガン・鉄・銅・亜鉛等は送電線からの成分と考えられる。鉄・マンガンは高架構造物から、さらに銅・亜鉛は送電線関連の合金成分から発生していると推測される。

以上のことからがいしの汚れの主成分は鉄さび、土壌、炭酸カルシウム、電線成分であることが知られた。

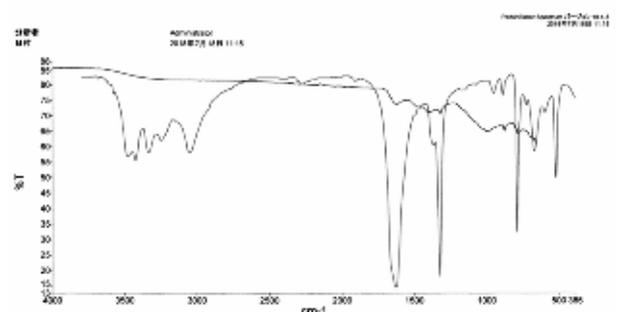
次に FT-IR 分析結果から、汚れ成分として図4の炭酸カルシウムがあるものと図5に見られるような無機物が多くわずかな有機物が特定できないものがある。特に赤外線吸収が多く右肩下がりとなった結果はそう考えられる。

また図6に示すようにポリマーがいしには、シリコングリースのようなものが観察され、これは無機成分の他にシリコンゴム劣化に起因する低分子のシロキサンらしき油性成分だと思われる⁷⁾。ポリマーがいしは、シリコンオイルにより汚損物を包み込むことで撥水性を維持し、雨洗効果を維持させることが知られている^{1),2),5),6)}。



測定条件	測定日時	測定場所
1307/084	2019年08月11日	札幌市中央区南一条西五丁目
1307/084	2019年08月11日	札幌市中央区南一条西五丁目

図4 炭酸カルシウム系汚れの FT-IR 分析結果



測定条件	測定日時	測定場所
1307/084	2019年08月11日	札幌市中央区南一条西五丁目
1307/084	2019年08月11日	札幌市中央区南一条西五丁目

図5 無機物の多い汚れの FT-IR 分析結果

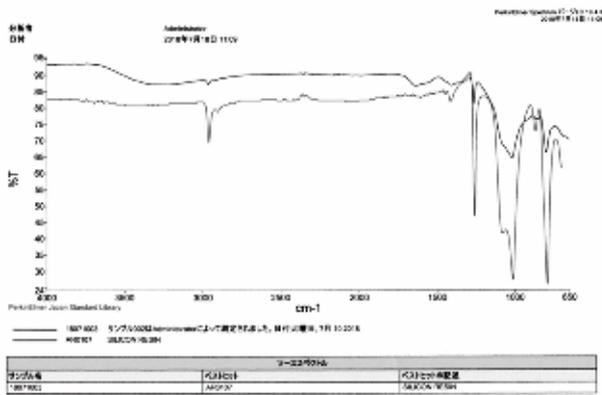


図6 シリコングリース状汚れのFT-IR分析結果

これらの分析結果を踏まえ、がいしの汚れの主成分の鉄さび、土壌、炭酸カルシウム、電線成分（レール及びパンタグラフ擦れ・トンネル内の覆工コンクリートからの物）に対する対策として、酸性洗剤と中性洗剤の2種類を提案することとした^{8),9)}。注意点として、トンネル内の作業者のために酸や溶剤の刺激臭の強いものは使用不可能である。また酸の残留は施設の腐食を促進するため、簡単に拭き取れなくてはならない。ポリマーがいし表面に関しては汚れ成分が異なる為、シリコンオイルに対する浸透力の確保が必要である^{8),9)}。また洗剤だけではなく施工道具の工夫も加えれば、更なる作業時間の短縮は可能であると思われる。

酸性洗剤は主成分としてフッ化水素ナトリウム（ NaHF_2 ）・クエン酸ナトリウム（ $\text{NaH}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COO}))_3$ ）を配合した^{7),9)}。付着した主成分である鉄・シリカ・炭素を酸分解して、分離させ汚れを浮かせながら除去を行った^{8),9)}。従来の洗浄方法に比べ、時間短縮が可能となった。課題としては、がいしそのものに対しては問題ないが、周辺機器の金属部分への影響が考えられる。

中性洗剤の主成分としては、プロピルアルコール（ $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ）、チオグリコール酸アンモニウム（ $\text{NH}_4^+\text{HSCH}_2\text{COO}^-$ ）を配合した^{7),9)}。酸性洗剤の改善点を踏まえ pH 値を中性に調整しながら、汚損物に溶解浸透して、剥離しながら除去をする特性にした^{8),9)}。酸性洗剤に比べ多少時間がかかるが、こちらも良好に除去できる。課題点としてはチオグリコール酸アンモニウムによる臭いが発生するため、トンネル内などの空間では作業員の

臭い対策を行ってからの作業が必要となる。

JR 東日本に使用実績のある中性洗剤と比較して、今回提案した2種類の酸性・中性洗剤はどちらも良好な作業性を示した。酸性洗剤は作業者の安全対策が重要になることが知られた。作業時間をそれほど伸ばさずに、酸の使用量を下げる検討課題が残った。中性洗剤は多少臭いが強く、作業員を選ぶことが想定された。トンネル内の部材に対して腐食試験を行い、問題がないことを確認した。

以上のことから、共同研究により、トンネル中のポリマーがいしに適した新しい洗浄剤が開発された。

謝 辞

共同研究にあたり貴重なご助言・ご協力いただいた JR 東日本研究開発センターテクニカルセンター電力設備グループの古田土真理子研究員に心から感謝いたします。

参考文献

- 1)本間宏 也：電気学会、120 (2000) 152
- 2)架空送電用有機がいし技術専門委員会：電気協同研究 第56巻 第1号 架空送電用有機がいしの現状と今後の展望、電気協同研究会、東京 (2000) p.4
- 3)Kikuchi, T.; Nishimura, S.; Nagao, M.; Izumi, K.; Kubota, Y.; Sakata, M.: IEEE Dielectr. Electr. Insul., 6 (1999) 548
- 4)Hackam, R.: IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., 6(1999) 557
- 5)ポリマーがいし材料表面の放電特性評価と劣化現象調査専門委員会：電気学会技術報告 第1071号 ポリマーがいし材料表面の放電特性と劣化現象評価、電気学会、東京(2006)p.3
- 6)間瀬正志、五十川潔、菅原泰男、埴大輔：鉄道分野用ポリマがいし、日立化成テクニカルレポート No.42(2004-1)
- 7)化学大辞典：共立出版(1993)
- 8)皆川 基 (編集)、大矢 勝 (編集)、藤井 富美子 (編集)：洗剤・洗浄百科事典、朝倉書店(2008)
- 9)Terence Cosgrove (編集)、大島 広行 (翻訳)：コロイド科学 基礎と応用、東京化学同人(2014)